

01/19/99

C526 U.S. PTO
 09/233073
 01/19/99

Applicant : Kenichi Nanbu
Serial No. : to be assigned
Filed : January 19, 1999
For : METHOD OF ETCHING

Hon. Commissioner of Patents
and Trademarks
Washington, D.C. 20231

The subject application is being filed in a foreign language (Japanese) under 37 CFR 1.52(d). The enclosed Japanese language application includes 12 pages of written disclosure and 9 sheets with Figures 1 through 9.

A verified English language translation will be
filed in due course.

The filing fee for the application will be filed at a later date.


[illegible]

It is requested that correspondence in connection
with this application be addressed to:

SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP
Beveridge, Degrandi, Weilacher & Young,
Intellectual Property Group
1850 M Street, N.W., Suite 800
Washington, D.C. 20036

Respectfully submitted,

By


Robert G. Weilacher
SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP
Beveridge, Degrandi, Weilacher & Young,
Intellectual Property Group
Registration No. 20531
1850 M Street, N.W.
Washington, D.C. 20036
Telephone: 202/659-2811

January 19, 1999

明 細 書

エ ッ チ ン グ 方 法

発明の背景および関連技術の説明

本発明は、ポリシリコン膜等の薄膜をエッチングするためのエッチング方法に関する。

一般に、半導体集積回路やＬＣＤ基板等を製造するためには、半導体ウエハやガラス基板等の基板に対して、成膜とパターンエッチング等を繰り返し行なって、多数の所望の素子を形成するようになっている。

そして、そのような多数の素子の中でも、例えばＭＯＳＦＥＴ（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）を製造する場合には、このＭＯＳＦＥＴのゲート電極であるポリシリコン膜のエッチング工程は非常に重要となる。その理由は、このＭＯＳＦＥＴのゲート電極長は、素子自体の電気的特性を決定する上で重要な要素となるからである。そのために、このエッチング工程ではゲート電極長を基板全面に亘って正確にエッチングしなければならない、非常に精度の高い加工と加工均一性が要求される。

このポリシリコンのエッチングプロセスは、従来の平行平板型のプラズマエッチング装置ではプロセス圧が高過ぎてエッチングの面内均一性を十分に高く維持できないことから、数mTorr台の低いプロセス圧を実現することができる誘導結合型のプラズマ処理装置が主として用いられている。

図９は上述したような従来の一般的な誘導結合型のプラズマ処理装置を示す模式図である。このプラズマ処理装置は、略円筒体状の処理容器２を有し、この内部が反応室内となる。この処理容器２の内部に半導体ウエハＷを載置するための載置台４を設けている。処理容器２内の雰囲気は、載置台４の周囲に沿って容器

底部に設けた環状の排気口6から真空排気される。

処理容器2の天井部には、これよりも直径の小さなプラズマ形成容器8が下方と連通させて設けられており、内部にプラズマ形成室を形成している。このプラズマ形成容器8には、例えば13、56MHzの高周波電源10に接続された誘導コイル12が巻回されている。

そして、プラズマ形成容器8の天井部に設けたガス導入部14から導入されたエッチングガス、例えば塩素(Cl_2)ガスは、誘導コイル12により発生される電磁界により解離されてプラズマ状態となり、このプラズマにより塩素分子或いは原子が活性化されて活性種を生成する。この時の塩素ガスの供給量は、例えば反応室の容量59リットルに対して125sccm程度である。この活性種は、プラズマ形成室から流下して処理容器2の反応室内へ流れ込む。この際、活性種はプラズマ形成室の出口に設けた傘状の整流板16によって案内されつつ拡散されて、ウエハ表面上に略均等に流下し、ウエハ表面の例えばポリシリコン膜をエッチングすることになる。

ところで、数mTorr程度の低圧下でプラズマ形成容器8内から処理容器2内へ流下するガス或いは活性種の挙動、或いは流れ方は非常に複雑であり、従来このような低圧下ではガス或いは活性種は主として拡散により拡がり、ウエハ表面上に略均一に流下するものと考えられていた。

しかしながら、上述したような方法では、ウエハ中心部と周辺部との間でエッチングレートにかなり差があり、エッチングの面内均一性が劣化する場合があった。それでも、6インチ、8インチサイズのウエハの場合には、このエッチングの不均一性がそれ程問題とはならなかったが、ウエハサイズが12インチ(30cm)になって大型化すると、このエッチングの不均一性がかなり大きくなり、所望する面内均一性が得られなくなるという問題があった。

発明の目的および概要

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、エッチングレートの面内均一性を大幅に改善することができるエッチング方法を提供することにある。

本発明者は、エッチングガスや活性種の流れについて、ガス供給種を種々人幅に変更してシミュレーションを行なった結果、ガス供給量を多くすると、拡散によるウエハ周縁部への流束は大きくは変化しないが、流れによるウエハ周縁部への流束は大きく変化して全体的にエッチングレートの面内均一性を向上させることができる、という知見を得ることにより、本発明に至ったものである。

本発明によるエッチング方法は、上記問題点を解決するために、プラズマ形成室にガス導入部からエッチングガスを導入する工程と、前記プラズマ形成室において、高周波により前記エッチングガスをプラズマ化することにより活性種を形成する工程と、前記プラズマ形成室に連結され真空引きされた反応室において、前記プラズマ形成室から流下する前記活性種により被処理体にエッチング処理を施す工程とを備え、前記エッチングガスを導入する工程において、導入される前記エッチングガスの流量が、前記反応室の実質的な容量の1リットルに対して8.4 s c c m以上となるようにしたものである。

以上のように、導入されるエッチングガスの流量を、反応室の実質的な容量の1リットルに対して8.4 sccm以上とすることにより、エッチングレートのみならず、エッチングの面内均一性も向上させることが可能となる。

上記エッチング方法の活性種を形成する工程において、誘導コイルを用いた誘導結合によって、上記エッチングガスをプラズマ化するようにすることができる。また、上記エッチングガスとして例えば塩素ガスをを用い、これにより上記エッチング処理を施す工程において、上記被処理体に形成されたポリシリコン膜をエッチングすることができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明によるエッチング装置の一実施形態を示す概略構成図、

図2は、図1に示すエッチング装置におけるエッチング時のエッチングガスの反応を示す図、

図3は、エッチングガスの流量を種々変更した時のエッチングレートの変化を示すグラフ、

図4 A乃至図4 Cは、反応室内のCl濃度を3次的に示すグラフ、

図5は、エッチングガスの流量と全圧および各ガスの分圧との関係を示す表。

図6 A乃至図6 Cは、反応室内の SiCl_2 濃度を3次的に示すグラフ、

図7 A及び図7 Bは、ウェハ周辺部におけるエッチャントの流速分布を示す図、

図8 A及び図8 Bは、ウエハ周辺部におけるエッチャントの流速分布を示す図、

図9は、従来の一般的な誘導結合型のエッチング装置を示す模式図である。

発明の好適実施形態の詳細な説明

以下に、本発明に係るエッチング方法および装置の一実施形態を添付図面に基
づいて詳述する。図1は本発明方法を実施するために用いるプラズマ処理装置を
示す概略構成図、図2はエッチング時のエッチングガスの反応を示す図、図3は
エッチングガスの流量を種々変更した時のエッチングレートの変化を示すグラフ
である。

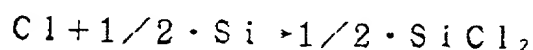
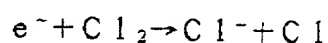
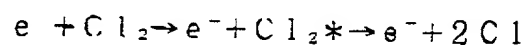
図示するように、このプラズマ処理装置18は、例えばアルミニウム等よりなる略円筒体状の処理容器20を有しており、この内部空間が反応室22として形成される、この処理容器20内には、被処理体である例えば半導体ウェハWを載置するための例えば金属や絶縁体製の円形の載置台24が設置されている。尚、載置台24にウェハ温度をコントロールする抵抗ヒータ及びイオンを引き込むための電極等を設けるようにしてもよい。そして、この載置台24を開閉するようにして処理容器20の底部には、円環状の排気口26が設けられており、この排気口

ている。従って、反応室22の実質的な容量は、5.9リットル ($=\pi \times 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$) 程度となる。

次に、以上のように構成されたエッチング装置を用いて行なわれるエッチングについて説明する。まず、開閉可能なゲートバルブ32を介して処理容器20内へ搬入されたウェハWは、載置台24上に載置され、容器20内を密閉した後に処理が開始される。プラズマ形成容器36の天井部に設けたシャワーヘッド部42からは、エッチングガスとしての塩素ガスが所定の流量でプラズマ形成室40内へ導入され、ここで誘導コイル46により発生される電磁界によってエッチングガスがプラズマ化され、このプラズマにより塩素原子や塩素分子の活性種が生成される。

このエッチングガスや活性種は、プラズマ形成室40からこの下方のより広い反応室22内へ拡散しながら流れ込み、反応室22内を流下しながらウェハ表面上に到達してウェハWの表面の例えばポリシリコン膜をエッチングすることになる。そして、エッチング処理済みのガスは、ウェハWの周辺部へ流れて行き、載置台24を囲むようにして環状に設けた排気口26から流出して真空排気系30により排出される。

ここで、図2にも示すように、塩素ガスは下記式に従って電子 e^- によって活性化されてシリコンと反応すると考えられる。



ここで上記式中のマーク*は電子励起状態であることを示す。

そして、本発明においては、プロセス圧力を例えば5~10mTorr程度の範囲内で一定としてエッチングガスの供給量を500sccm以上に設定する。従来は、ここに記載したような反応室22の実質的な容量が59リットル程度の

場合には、エッチングガスの流量は125 sccm程度であるが、本発明では、上述のように、これよりも遥かに多い500 sccm以上の流量でエッチングガスを供給する。この流量は、反応室22の実質的な容量の1リットルに対して8.4 sccm以上の流量となる。このような多量のエッチングガスを供給することにより、全体としてのエッチングレートを向上させることができるのみならず、エッチングの面内均一性も向上させることが可能となる。

図3は、前述した装置例において、エッチングガスの供給量を150 sccm～1000 sccmまで種々変更した時におけるウエハ表面上のエッチングレートの分布を示すグラフである。この時のプロセス圧力は略5mTorrとなるように一定に維持している。

横軸は、ウエハの半径 r_W とウエハの中心からの半径方向長さ r との比を表している。このグラフから明らかなように、エッチングガスの流量に関係なく、ウエハ中心と比較してウエハ周辺部においてはエッチングレートが急激に上昇している。しかしながら、エッチングガスの供給量が125 sccm, 250 sccmの場合には、ウエハ中央部から中周部におけるエッチングレートの変動量がある程度以上大きく、しかも、ウエハ周辺部におけるエッチングレートの上昇量もかなり大きくなって、全体としてエッチングレートの面内均一性があまり良好ではない。

これに対して、エッチングガスの供給量が500 sccm, 1000 sccmの場合には、ウエハ中央部から中周部におけるエッチングレートの変動量は非常に少なく、実質的には略ゼロであり、また、ウエハ周辺部におけるエッチングレートの上昇量は、供給量が125 sccmや250 sccmの場合と比較してそれ程多くない、

従って、エッチングガスの供給量を500 sccm以上(8.4 sccm以上/反応室の実質的な容量の1リットル)とすることにより、エッチングの面内均

一性を大幅に向↑できることが判明する。尚、この場合、プロセス圧力は、プラズマが立ち得る数mTorr以下の圧力であれば上述した流量を適用し得る。

ここで上記した結果についてD S M C (Direct Simulation Monte Carlo) 法を用いてエッチングガスや反応生成物の流れ場の解析をシミュレーションによって検証したので、その点について説明する。

図4は、反応室内のCl濃度を3次元的に示すグラフであり、グラフ中においてrはウェハ中心に対応する載置台24下面上の点O(図1および図2参照)から半径方向への距離を示し、Zは点Oから高さ方向への距離を示している。また、縦軸は塩素濃度(密度場)を示す。従って、シャワーヘッド部42はZ=0.55mの位置に設定されていることになる。

塩素ガスに関しては、図4Aは1000sccmの流量であり、図4Bは250sccmの流量であり、図4Cは125sccmの流量である。図中の矢印はガスの流れ方向を示している。また、この時の各ガスの分圧及び全圧を図5に示す。尚、図5中には流量が500sccmの場合も示す。

図4のグラフから明らかなように、塩素原子の拡散によるウェハへの数流束は、密度勾配に比例し、エッチングガス流量を125sccmから1000sccmへ増加する程、大きくなることが判明する。これが、エッチングレートがエッチングガス流量の増加と共に増加する理由である。しかしながら、図5を参照すると、圧力を測定している点での塩素原子の分圧は、エッチングガスの流量に依存しないで略一定であるので、これだけではエッチングレートがエッチングガス流量によって大きく変化していること全てを説明していることにならない。

また、図4において、ウェハがない部分での塩素原子の密度が高いことが分かる。これにより、ウェハがない部分から塩素原子がウェハの周辺部へ拡散するので、ウェハ周辺部でのエッチングレートが大きくなる理由が理解できる。しかしながら、エッチングガスの流量を変えてもウェハとウェハのない部分との間の境

界位置で密度勾配は大きく変化していないので、拡散による流束がエッチングレートに大きく寄与するとは考えることができない。

次に、反応副生成物である SiCl_2 の密度場について検討する。図6は反応室内の SiCl_2 濃度を3次的に示すグラフであり、各軸の関係は図4の場合と同じである。塩素ガスに関しては、図6Aは1000 sccmの流量であり、図6Bは250 sccmの流量であり、図6Cは125 sccmの流量である。尚、図6においては、図4の場合に対してr軸方向およびZ軸方向が逆になっている点に注意されたい。

この図6のグラフから明らかなように、各回においてウエハ表面が SiCl_2 の薄い層に覆われているのが分かり、エッチングガスの流量が 125 sccm から 1000 sccm に向けて増すと、その SiCl_2 の薄い層が次第に薄くなり、反応室内の SiCl_2 の量も減少することが判明する。この SiCl_2 の層が薄くなると、エッチャントである塩素原子は、ウエハ表面に到達し易くなる。言い換えれば、エッチングガスの供給量が多くなると、エッチャントのウエハ表面への供給が多くなり、エッチングが推進される。

また、Z軸方向がウエハの位置で、r軸方向がウエハがない部分に対応する位置でのSiCl₂の密度勾配は、エッチングガスの流量が大きい程きつくなる。これは、流量が大きいときに、SiCl₂を周辺部分で速やかに排気し、周辺部分でエッチングレートが大きくなる原因であると考えられる。

次に、エッチングガスの流れ場について考察する。図7及び図8はウエハ周辺部におけるエッチャントの流速分布を示しており、図7Aはエッチングガスの流量が1000 sccmの場合、図7Bはエッチングガスの流量が500 sccmの場合、図8Aはエッチングガスの流量が250 sccmの場合、図8Bはエッチングガスの流量が125 sccmの場合である。この図から明らかなように、大流量になれば、エッチャントである塩素原子Clの流れが強くなる。これが、

Table 1. (continued)	
Variable	Value
Age	25.0
Gender	Male
Marital status	Married
Education	High school
Occupation	Unemployed
Income	\$10,000
Health status	Good
Smoking status	Non-smoker
Alcohol consumption	Occasional
Exercise frequency	Weekly
Stress level	Low
Family size	2
Home ownership	Owner
Commute time	30 minutes
Neighborhood safety	Safe
Public transportation access	Good
Local amenities	High
Community involvement	Active
Political participation	Low
Volunteer work	Yes
Charitable donations	\$500
Religious affiliation	Catholic
Religious frequency	Monthly
Religious beliefs	Conservative
Religious community	Active
Religious support	High
Religious influence	Low
Religious diversity	High
Religious tolerance	High
Religious freedom	High
Religious equality	High
Religious justice	High
Religious peace	High
Religious harmony	High
Religious unity	High
Religious solidarity	High
Religious fellowship	High
Religious brotherhood	High
Religious sisterhood	High
Religious kinship	High
Religious affinity	High
Religious sympathy	High
Religious empathy	High
Religious compassion	High
Religious mercy	High
Religious kindness	High
Religious gentleness	High
Religious meekness	High
Religious mildness	High
Religious sweetness	High
Religious pleasantness	High
Religious agreeableness	High
Religious cooperativeness	High
Religious helpfulness	High
Religious kindness	High
Religious generosity	High
Religious largeness of heart	High
Religious openhandedness	High
Religious unfeignedness	High
Religious simplicity	High
Religious sincerity	High
Religious genuineness	High
Religious honesty	High
Religious integrity	High
Religious uprightness	High
Religious righteousness	High
Religious justice	High
Religious equity	High
Religious fairness	High
Religious impartiality	High
Religious objectivity	High
Religious reasonableness	High
Religious logic	High
Religious rationality	High
Religious wisdom	High
Religious knowledge	High
Religious understanding	High
Religious insight	High
Religious perception	High
Religious discernment	High
Religious judgment	High
Religious decision-making	High
Religious problem-solving	High
Religious creativity	High
Religious innovation	High
Religious originality	High
Religious imagination	High
Religious vision	High
Religious foresight	High
Religious insight	High
Religious intuition	High
Religious instinct	High
Religious gut feeling	High
Religious hunch	High
Religious premonition	High
Religious warning	High
Religious sign	High
Religious omen	High
Religious portent	High
Religious prophecy	High
Religious prediction	High
Religious forecast	High
Religious outlook	High
Religious perspective	High
Religious viewpoint	High
Religious stance	High
Religious position	High
Religious status	High
Religious rank	High
Religious grade	High
Religious level	High
Religious degree	High
Religious extent	High
Religious scope	High
Religious range	High
Religious breadth	High
Religious width	High
Religious depth	High
Religious height	High
Religious length	High
Religious volume	High
Religious mass	High
Religious weight	High
Religious force	High
Religious power	High
Religious strength	High
Religious energy	High
Religious vitality	High
Religious vigor	High
Religious dynamism	High
Religious activity	High
Religious movement	High
Religious action	High
Religious behavior	High
Religious conduct	High
Religious performance	High
Religious achievement	High
Religious success	High
Religious accomplishment	High
Religious attainment	High
Religious fulfillment	High
Religious completion	High
Religious realization	High
Religious attainment	High
Religious achievement	High
Religious success	High
Religious accomplishment	High
Religious attainment	High
Religious fulfillment	High
Religious completion	High
Religious realization	High
Religious attainment	High
Religious achievement	High
Religious success	High
Religious accomplishment	High
Religious attainment	High
Religious fulfillment	High
Religious completion	High
Religious realization	High
Religious attainment	High
Religious achievement	High
Religious success	High
Religious accomplishment	High
Religious attainment	High
Religious fulfillment	High
Religious completion	High
Religious realization	High
Religious attainment	High
Religious achievement	High
Religious success	High
Religious accomplishment	High
Religious attainment	High
Religious fulfillment	High
Religious completion	

請 求 の 範 囲

1. プラズマ形成室にガス導入部からエッチングガスを導入する工程と、
前記プラズマ形成室において、高周波により前記エッチングガスをプラズマ化
することにより活性種を形成する工程と、

前記プラズマ形成室に連結され真空引きされた反応室において、前記プラズマ
形成室から流下する前記活性種により被処理体にエッチング処理を施す工程と
を備え、

前記エッチングガスを導入する工程において、導入される前記エッチングガス
の流量が、前記反応室の実質的な容量の1リットルに対して8、4 s c c m以上
となるようにしたことを特徴とするエッチング方法。

2. 前記活性種を形成する工程において、誘導コイルを用いた誘導結合によ
って、前記エッチングガスをプラズマ化することを特徴とする請求項1記載のエ
ッチング方法。

3. 前記エッチングガスは塩素ガスよりなり、前記エッチング処理を施す工
程において、前記被処理体に形成されたポリシリコン膜をエッチングすることを
特徴とする請求項1記載のエッチング方法。

開示の要約

エッチングガスを導入するガス導入部と、高周波により前記エッチングガスをプラズマ化することにより活性種を形成するプラズマ形成室と、このプラズマ形成室に連結されて前記プラズマ形成室よりも大きな直径の空間を有する反応室と、この反応室内に設けられ、前記プラズマ形成室から流下する前記活性種によりエッチング処理を施すための被処理体を載置する載置台と、前記反応室内を真空引きする真空排気系とを備えたエッチング装置を用い、前記ガス導入部から導入される前記エッチングガスの流量が、前記反応室の実質的な容量の1リットルに対して8.4 s c c m以上となるようにすれば、エッチングレートの面内均一性が大幅に改善される。

1/9

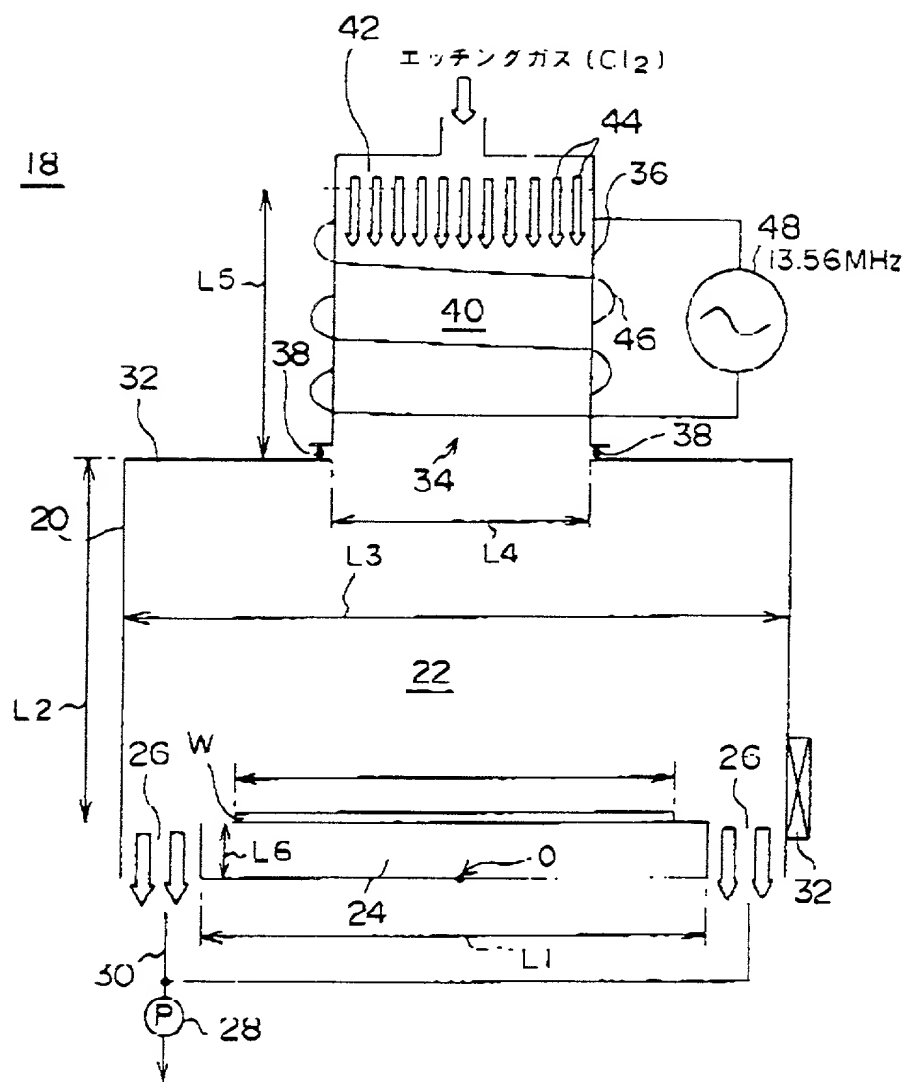


FIG. 1

2/9

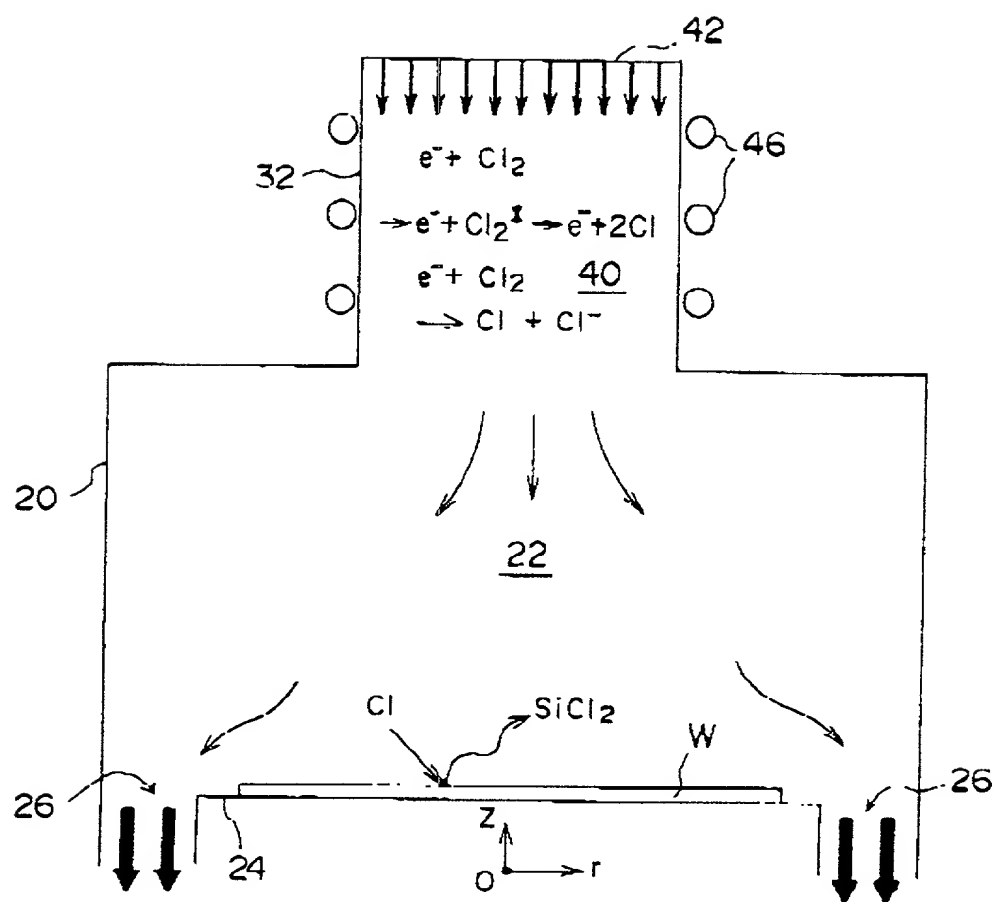


FIG. 2

3/9

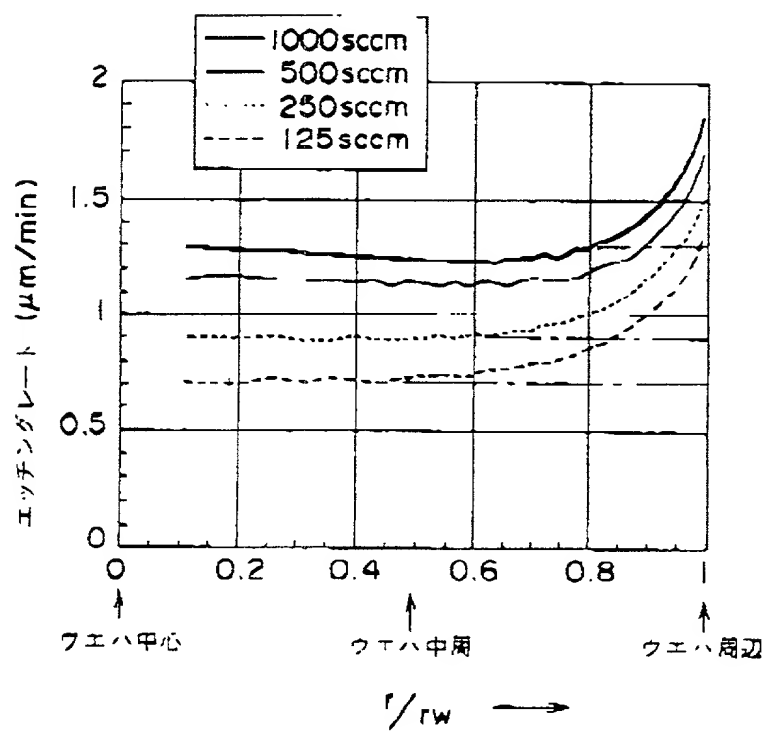


FIG. 3

4/9

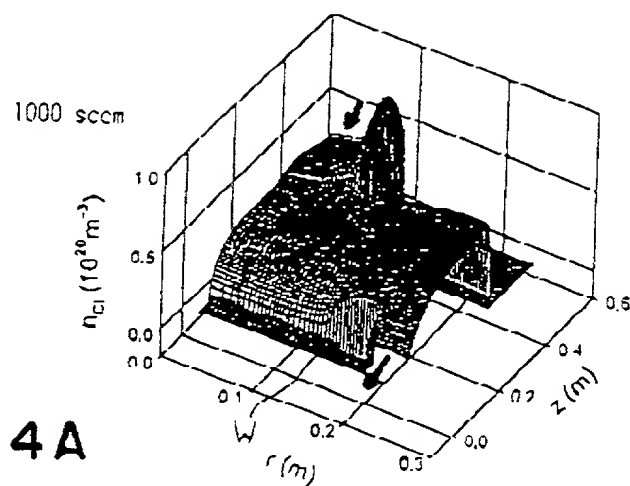


FIG. 4A

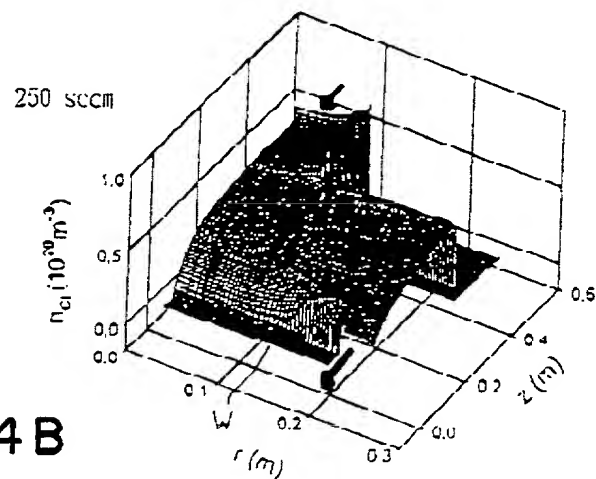


FIG. 4B

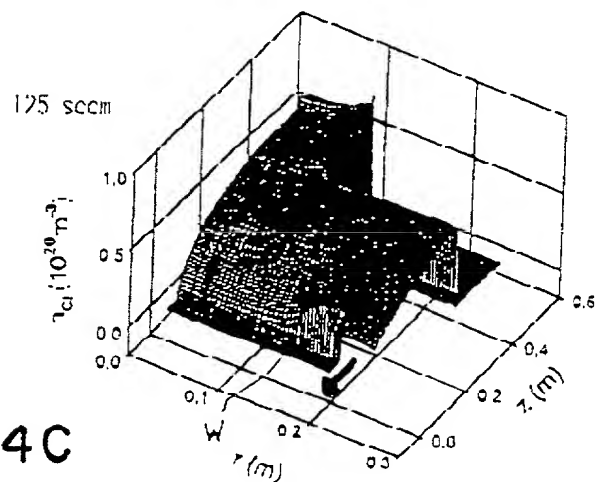


FIG. 4C

6/9

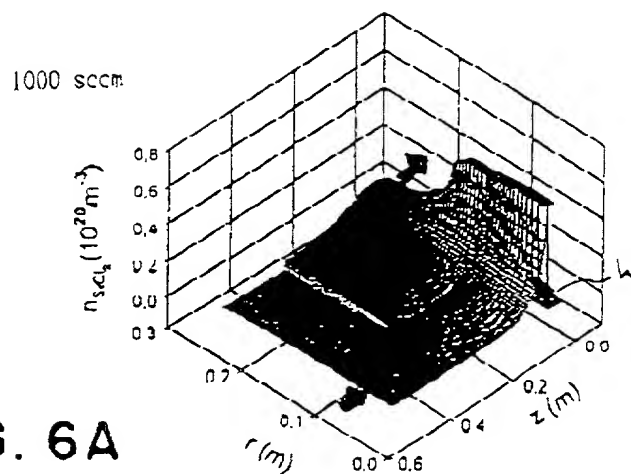


FIG. 6A

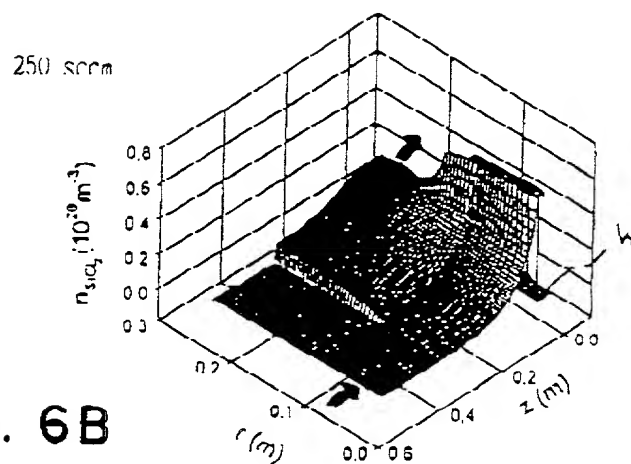


FIG. 6B

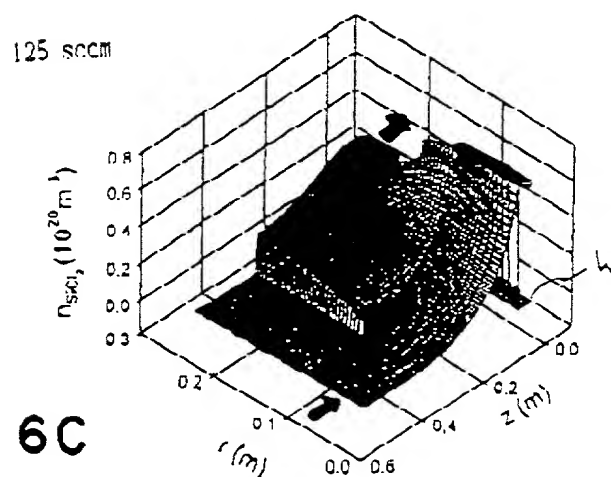
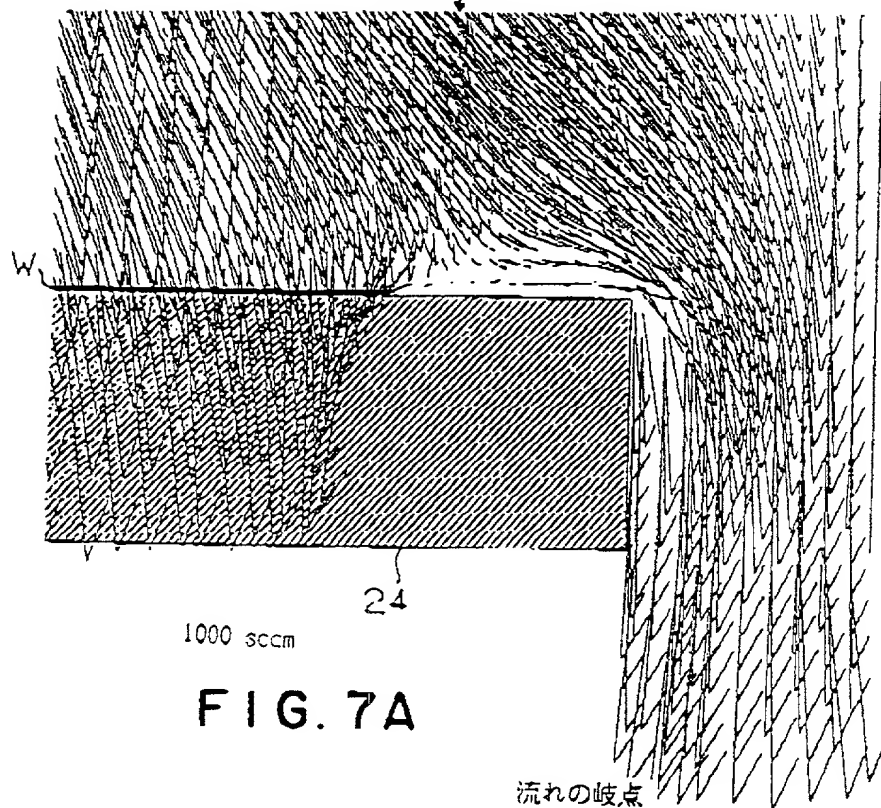


FIG. 6C

7/9

流れの岐点

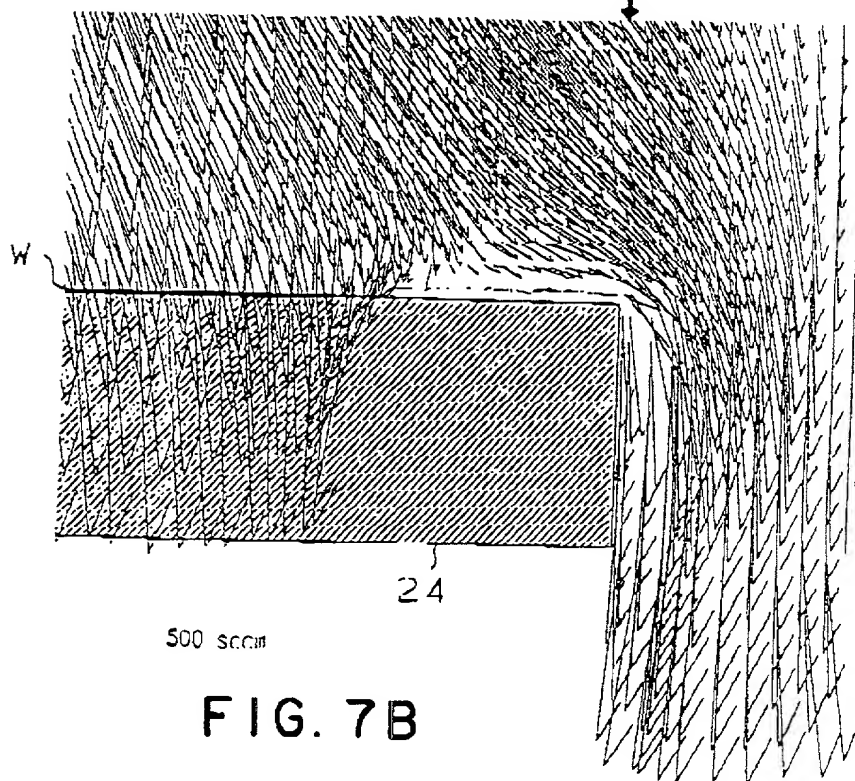


1000 sccm

24

FIG. 7A

流れの岐点



500 sccm

24

FIG. 7B

666TFO"E/0EE260

8/9

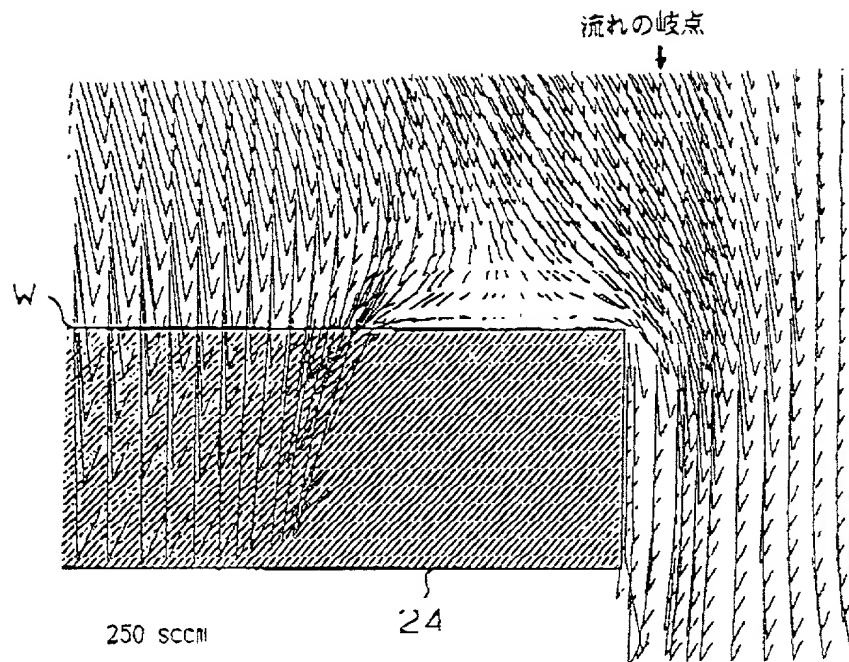


FIG. 8A

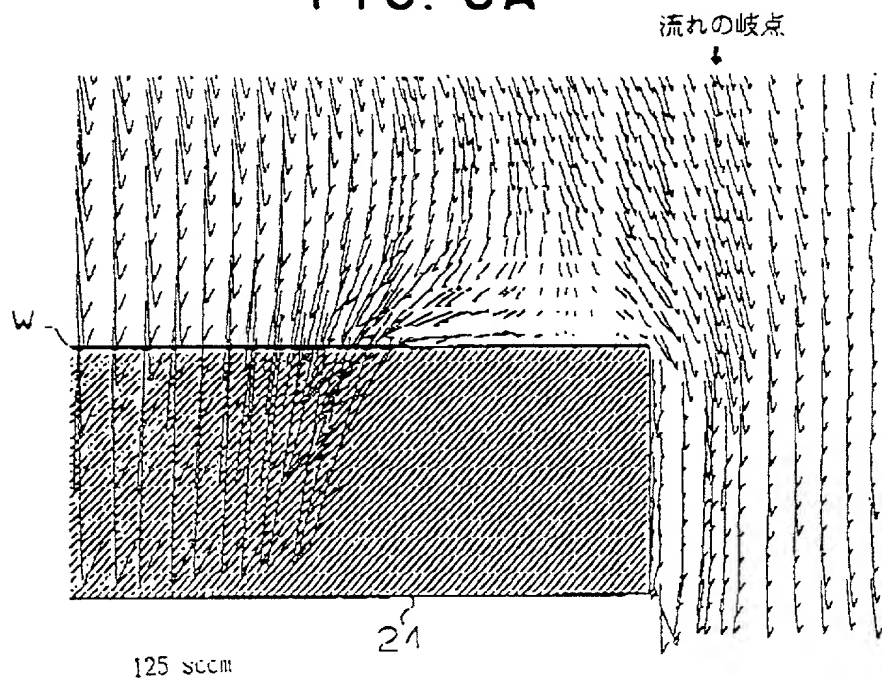


FIG. 8B

666710" E20E6260

9/9

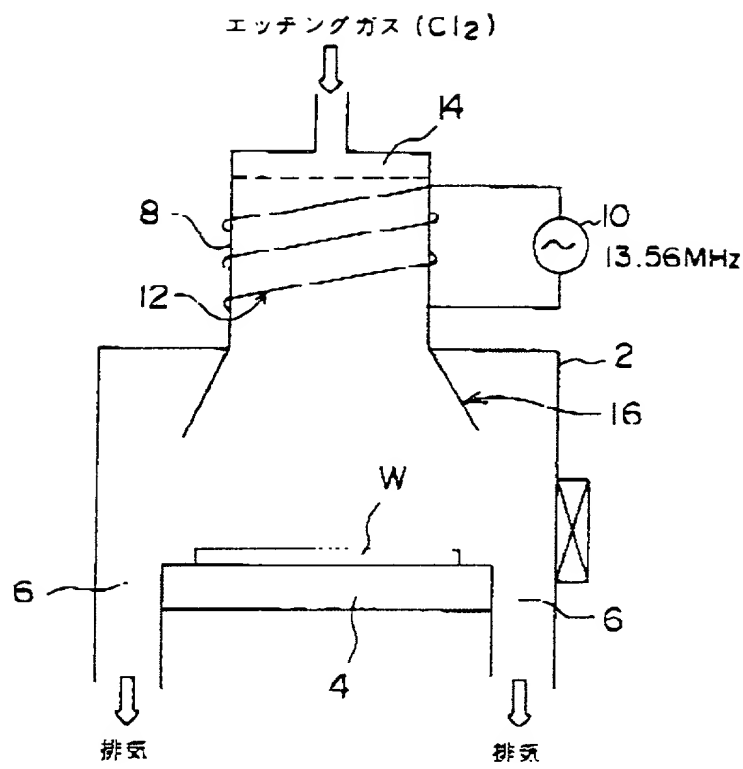


FIG. 9

Declaration and Power of Attorney United States Patent Application

UNITED STATES (Form BDWY-1)

Patents and Design Patents

Sole & Joint Inventors

Convention & Non-convention

PCT & Non-PCT

This form cannot be amended, altered
or changed after it is signed.

(For use only for inventors who
understand the English language.)

As a below named inventor, I hereby declare that:

My residence, post office address and citizenship are as stated below next to my name.

I believe I am the original, first and sole inventor (if only one name is listed below) or an original, first and joint inventor (if plural names are listed below) of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought on the invention entitled

METHOD OF ETCHING

(check one) ☒ is attached hereto.

☐ was filed as U.S. Application No. _____ on _____ and (if applicable) was amended on _____.

☐ was filed as PCT International Application No. _____ on _____ and (if applicable) was amended under PCT Article 19 on _____.

(I authorize any attorney appointed below to insert information in the preceding blanks.)

I have reviewed and understand the contents of the above-identified specification, including the claims, as amended by any amendment referred to above.

I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in Title 37, Code of Federal Regulations, §1.56.

I hereby claim foreign priority benefits under Title 35, United States Code, §119(a)-(d) or §365(b) of any foreign and PCT application(s) for patent or inventor's certificate, or §365(a) of any PCT international application which designated at least one country other than the United States of America listed in this Declaration. I have also identified below any foreign application for patent or inventor's certificate or PCT international application having a filing date before that of the application(s) on which priority is claimed:

Foreign/PCT Application No.	Country	Filing Date	Priority Claimed? (yes/no)
89421/1998	Germany	18/March/1998	yes

I hereby claim the benefit under Title 35, United States Code, §120 or §365(c) of any United States application and PCT international application designating the United States of America listed in this Declaration and, insofar as the subject matter of each of the claims of this application is not disclosed in the prior United States application or PCT international application in the manner provided by the first paragraph of Title 35, United States Code, §112, I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in Title 37, Code of Federal Regulations, §1.56 which became available between the filing date of the prior application and the national or PCT international filing date of this application:

U.S. Application No.	Filing Date	Status (patented/pending/abandoned?)

I hereby claim priority benefits under Title 35 United States Code §119(e) of any U.S. provisional application(s) listed below:

U.S. Provisional Application No.	Filing Date

I hereby appoint the following attorneys to prosecute this application and to transact all business in the Patent and Trademark Office connected therewith: Joseph A. DeGrandi (17446), Robert G. Weilacher (20531), Richard G. Young (20628), Michael A. Makuch (32263), Dennis C. Rodgers (32936), William F. Rauchholz (34701), Thomas L. Evans (35805), Carolyn A. Favorito (39183), Steven W. Collier (P42429)

Send all correspondence to: Beveridge, DeGrandi, Weilacher & Young, L.L.P., 1850 M Street, N.W. (Suite 800)
Washington, D.C. 20036. All facsimiles may be sent to (202) 659-1462. Direct all phone calls to (202) 659-2811.

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon.

Full name of sole or first inventor: Kenichi Nanbu

Citizenship: Japan

Residence (city, state, country):

Post office address:

Signature: _____ Date: _____

Full name of second joint inventor, if any: Tamotsu Morimoto

Citizenship: Japan

Residence (city, state, country):

Post office address:

Signature: _____ Date: _____

☐ Additional inventors and/or prior applications are listed in attached Supplemental Sheet(s).

BDWY 798